

Efeitos do Aquecimento Global nas Estratégias de Projeto das Edificações por Meio de Cartas Bioclimáticas

Effects of Global Warming on Passive Design Strategies Through Bioclimatic Charts

¹Emeli Lalesca Aparecida da Guarda, ²Luciane Cleonice Durante, ³Ivan Júlio Apolônio Callejas,

¹Mestranda do programa de Pós-graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa, 2367, FAET, Cuiabá-MT, (emeliguarda@gmail.com)

²Doutora em Física Ambiental, Professor Adjunto IV da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa, 2367, FAET, Cuiabá-MT, (Luciane.durante@hotmail.com)

³Doutor em Física Ambiental, Professor Adjunto IV da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa, 2367, FAET, Cuiabá-MT, E-mail: (ivancallejas1973@gmail.com)

RESUMO: As consequências do fenômeno do aquecimento global tem ganhado importância mundial, inclusive no ambiente construído. O presente trabalho tem por objetivo analisar os efeitos do aquecimento global desencadeados nas estratégias passivas de projeto das Zonas Bioclimáticas (ZB) localizadas no estado de Mato Grosso, Brasil. Para o estudo foi considerado o cenário de emissões A2, considerado como pessimista pelo Quarto Relatório (AR4) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). A metodologia consiste de três etapas: i) caracterização do clima e bioclima das ZB; ii) elaboração dos arquivos climáticos futuros (2020, 2050 e 2080) por meio do método “*morphing*” e a ferramenta ClimateChange World WeatherGenerator (CCWorldWeatherGen) e iii) elaboração das cartas bioclimáticas utilizando o software Analysis BIO com vistas à obtenção das horas anuais de cada tipo de estratégias passivas de projeto. Os resultados indicam elevação das temperaturas médias anuais em todas as zonas, algumas alcançando valores superiores a 30,0°C, bem como redução da umidade relativa do ar anual, com valores inferiores a 60% em todas as Zonas Bioclimáticas do Estado de Mato Grosso até o final do século. As estratégias de condicionamento artificial e sombreamento sofrerão os maiores incrementos anuais enquanto que a massa térmica/aquecimento solar e ventilação terão a sua frequência anual reduzida em todas as ZB. As horas de desconforto por calor irão aumentar nas ZB 5, 6 e 7 e na ZB 8 se reduzirão, enquanto as de desconforto por frio sofrerão redução em todas as ZB, até o final do século. Portanto, torna-se necessário elevar a resiliência das edificações para absorver os impactos das mudanças climáticas previstas nesta pesquisa.

Palavras Chave: Mudanças Climáticas. Estratégias passivas. Mudanças climáticas.

ABSTRACT: The consequences of the phenomenon of global warming has gained worldwide importance, including in the built environment. The present work aims to analyze the effects of global warming occasioned on the passive design strategies of Bioclimatic Zones (BZ) located at the Mato Grosso State, Brazil. For the study, the A2 emission scenario was considered pessimistic by the Fourth Report (AR4) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The methodology consists of three stages: i) characterization of the climate and bioclimate zone (BZ); ii) the development of future climate archives (2020, 2050 and 2080) using the morphing method and the Climate Change World Weather Generator tool (CCWorldWeatherGen); and iii) preparation of the bioclimatic charts using the Analysis BIO software in order to obtain the annual hours of each type of passive project strategies. The results indicate an increase of annual average temperatures in all zones, some reaching values higher than 30.0°C, as well as reduction of relative annual air humidity, with values lower than 60% in all the bioclimatic zones of the State of Mato Grosso until the end of the century. Artificial conditioning and shading strategies will suffer the largest annual increases while thermal mass / solar heating and ventilation will have their annual frequency reduced in all BZ. Heat discomfort hours will increase in BZ 5, 6 and 7 and in BZ 8 will decrease, while cold discomfort hours will decrease in all BZ by the end of the century. Therefore, it is necessary to improve building resilience in order to absorb the climate changes identified in the research.

Keywords: Climate changes. Passive strategies. Climate change.

1. INTRODUÇÃO

Muito tem se discutido a respeito do aquecimento global e das mudanças climáticas em escala mundial. No Brasil, estudos apontam que a partir da década de 1920, há uma tendência de crescimento das temperaturas, com registro de aumento de 0,8°C no ano de 2000, em relação às médias do período de 1961 a 1990 (CASAGRANDE, 2013). Tais mudanças, evidenciadas no aquecimento do ar e da água dos oceanos, tem provocado o derretimento das calotas polares, intensificado ondas de calor e períodos de secas, e alterado processos biológicos (MARENGO, 2008).

Diante de tais evidências, as mudanças climáticas se apresentam como um desafio substancial a ser enfrentado pela sociedade no século XXI. Assim, percebe-se a necessidade de se conhecer o comportamento médio das condições de tempo atmosférico, impulsionando estudos climatológicos (diagnósticos e prognóstico), além de incentivar, também, o avanço de modelos que possam atender não somente a previsão do tempo, como também de clima (REPELLI e ALVES, 1996; WARD e FOLLAND, 1991).

Com o intuito de organizar conhecimento científico mundial referente às mudanças climáticas amparadas por visões científicas, foi fundado, em 1988, pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo Programa das Nações Unidas para o Ambiente Construído (PNUMA), o Painel Intergovernamental sobre Mudanças climáticas (IPCC): uma ferramenta de sistematização que tem a função de analisar e compilar dados climáticos levantados por diversas instituições colaboradoras, afim de compreender os potenciais impactos das mudanças climáticas para o meio ambiente e humanidade. Desde então, foram publicados cinco relatórios científicos sobre as alterações climáticas mundiais, sendo o mais recente o AR5, em 2013.

Este estudo toma como referência o Quarto Relatório de Avaliação (AR4), por conter cenários de emissões de gases de efeito estufa com históricos demográficos, sociais econômicos e de mudanças-técnicas similares, que são conhecidos como Special Report Emission Scenarios (SRES). As previsões globais são realizadas dentro de quatro cenários possíveis de acordo com diferentes perspectivas da influência humana. Estes são nomeados como cenários A1, A2, B1 e B2, onde A e B significam, respectivamente, baixo e alto comprometimento com o desenvolvimento sustentável, e 1 e 2 significam integração ou fragmentação regional, respectivamente (IPCC, 2010). Dentre esses, adota-se nessa pesquisa o cenário A2, considerado como pessimista pelo AR4 do IPCC, que indica um aumento médio da temperatura do ar global de 4°C até o ano de 2100, decorrente das emissões de gases efeito estufa (IPCC, 2007).

As mudanças indicadas no padrão atmosférico pelo IPCC resultam em uma potencial ameaça para os ecossistemas e para os seres humanos, afetando diretamente o comportamento térmico dos edifícios e, conseqüentemente, contribuindo para o aumento do gasto energético para obtenção de condições adequadas de habitabilidade por parte de seus usuários. Sendo assim, considerando-se que o desempenho termoenergético de um edifício está estreitamente relacionado ao clima do local em que se insere (CASAGRANDE, 2013), e que a vida útil dos edifícios é de 50 a 75 anos (NBR 15575, ABNT 2013), infere-se que o desempenho das edificações atuais será afetado pelas mudanças climáticas previstas para as próximas décadas. Portanto, faz-se necessário a atualização dos dados climáticos a partir da prospecção futura estabelecida pelo IPCC, para que por meio do uso de estratégias de projeto passivas possa se adaptar o futuro desempenho térmico das edificações, bem como planejar a demanda energética desses edifícios.

Diante do exposto, objetiva-se analisar os efeitos do aquecimento global desencadeados nas estratégias passivas de projeto das Zonas Bioclimáticas (ZB) localizadas no estado de Mato Grosso, considerando o comportamento atmosférico previsto a partir dos cenários das mudanças climáticas estabelecidas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), em especial, o da temperatura e umidade relativa do ar.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 *Clima e bioclima dos locais de estudo*

O clima do estado é caracterizado por dois tipos climáticos: o tropical úmido ou sub-úmido (Am) na região norte do estado e o tropical, com inverno seco (Aw), na região central e no pantanal mato-grossense (ALVARES et al., 2013). O clima Am apresenta estação seca de pequena duração com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C. O clima Aw apresenta estação chuvosa no verão entre os meses de novembro a abril e estação seca no inverno entre os meses de maio a outubro, com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C (SOARES et al., 2015).

As quatro cidades selecionadas para realização deste estudo são Apiacás, localizada no clima Am e Sinop, Água Boa e Cuiabá, todos localizados em clima do tipo Aw (Figura 1). A ZB 3, foi desconsiderada por corresponder a porção pequena do estado e não existir arquivos climáticos das cidades nela localizadas.

O município de Apiacás está situado no extremo norte do estado (9°S;57°W). Apresenta clima tropical úmido, com precipitação média anual de 2.750mm, com intensidade máxima nos meses de janeiro, fevereiro e março. A temperatura média anual é de 24°C (VEIGA et al., 2014).

O município de Sinop está localizado no centro norte do estado (11°S; 55°W). O clima é tropical chuvoso, apresentando precipitação anual de 2.500 mm, com maior intensidade nos meses de janeiro, fevereiro e março. A temperatura média anual é de 24°C (ROCHA, ROCHA e GREGORIO, 2015).

A cidade de Água Boa está localizada ao noroeste do estado (13°S; 52°W). O clima é do tipo tropical, com temperaturas máximas mensais de 27,9°C e mínimas de 14,7°C, com precipitação pluviométrica de 1600mm (FELFILI, 2002).

O município de Cuiabá está localizado no centro sul, limite ocidental dos domínios do Cerrado e na borda leste do Pantanal (15°S; 54°W). Seu clima é do tipo tropical semiúmido, apresentando temperaturas elevadas, com média anual de 25°C a 32°C. Apresentando as estações de seca e chuva bem definidas (OLIVEIRA, et al., 2009), com índice pluviométrico anual em torno de 1250 a 1500mm (MAITELLI, 1994).As altitudes variam em torno de 146 a 250m (ROSS e SANTOS, 1982).

Entende-se por zona bioclimática (ZB), a região do território que possui requisitos similares a serem atendidos pelas edificações, para proporcionar a adequação das edificações ao clima (ABNT, 2005). Uma ZB é resultado do cruzamento de informações referente às zonas de conforto térmico humano, dados climáticos, estratégias construtivas e de condicionamento térmico passivo. A NBR 15220-3 (ABNT, 2005) apresenta o zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, dividindo o território brasileiro em oito zonas bioclimáticas que são relativamente homogêneas em relação ao clima. Pela sua diversidade de bioma e localização geografia, o estado de Mato Grosso compreende quatro zonas bioclimáticas, a saber: 3, 5, 6, 7 e 8 (Figura 2).

Figura 1 - Classificação climática de Köppen dos locais de estudo em Mato Grosso

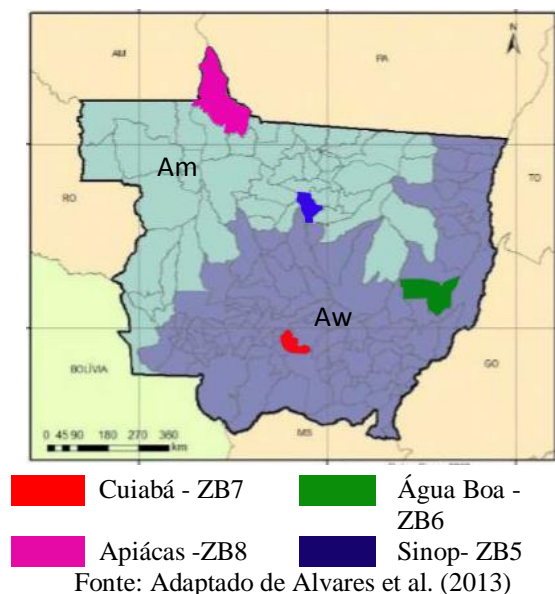
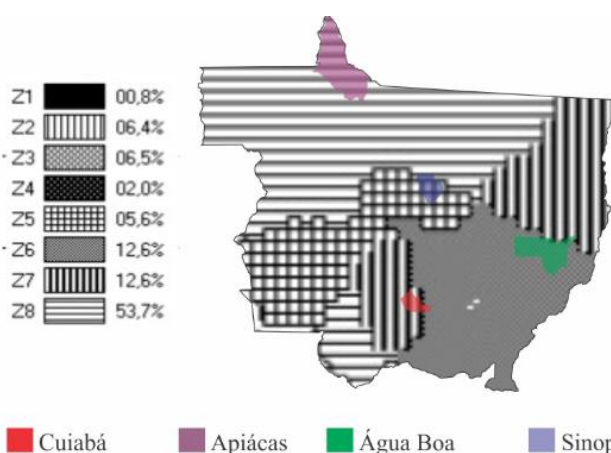


Figura 2 - Zoneamento bioclimático do estado de Mato Grosso e cidades de referência para a pesquisa



Fonte: Adaptado da NBR 15220 (ABNT, 2005)

As recomendações construtivas conforme a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) para a ventilação dos ambientes é de que o tamanho das aberturas sejam médias (de 15 a 25% da área do piso) para as ZB 5 e 6, pequenas (de 10 a 15% da área do piso) para a ZB 7 e grandes (área maior que 40% da área de piso) para a ZB 8, sempre sombreadas. Os valores de transmitância térmica (U) e os tipos recomendados para as vedações verticais e horizontais de cada ZB estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Valores de Transmitância Térmica para as ZB 5, 6, 7 e 8

| ZB | Transmitância Térmica (U em W/m ² .K) | | | |
|-----------------------|--|------------------|----------------------|------------------|
| | Vedações Verticais | Tipo | Vedações Horizontais | Tipo |
| 5 (Sinop) | U ≤ 3,60 | Leves Refletoras | U ≤ 2,00 | Leves Isoladas |
| 6 (Águas Boas) | U ≤ 2,20W | Pesadas | | |
| 7 (Cuiabá) | | | U ≤ 2,00 | Pesadas |
| 8 (Apiácas) | U ≤ 3,60 | Leves Refletoras | U ≤ 2,30W | Leves Refletoras |

Fonte: Adaptado de NBR 15.220 (ABNT, 2005)

As estratégias de condicionamento térmico passivo para o verão são de resfriamento evaporativo, massa térmica para resfriamento, ventilação cruzada para a ZB 5, ventilação cruzada permanente para a ZB 8 e ventilação seletiva nos períodos em que a temperatura interna seja superior à externa, para as ZB 6 e 7. Para o inverno, são de vedações internas pesadas (inércia térmica) para a ZB 5 e 6, sendo que as ZB 7 e 8 não possuem estratégia de condicionamento térmico passivo para o inverno.

As estratégias acima citadas são estabelecidas na carta bioclimática sugerida por Givoni (1992), concebida por meio de dados mensais das temperaturas máximas e mínimas e umidade relativa do ar de cada clima do território brasileiro.

2.2 Elaboração dos arquivos climáticos futuros

O IPCC indica para a elaboração dos arquivos climáticos futuros sob influência do aquecimento global a metodologia “*morphing*”. Belcher, Hacker e Powell (2005) apresentam a metodologia para a elaboração de arquivos climáticos futuros, a partir da modificação do

conjunto de dados climáticos histórico de 8.760 horas anuais no período de 1961 – 1990, obtendo assim as projeções de dados climáticos sob efeito das mudanças climáticas. A metodologia é embasada em um desvio no atual arquivo climático horário por meio da adição da variação média mensal projetada (Equação 1), em uma extensão no atual arquivo climático horário por meio de ordenamento com a variação média mensal projetada (Equação 2) e por fim, a combinação de ambas (Equação 3) (BELCHER; HACKER; POWELL, 2005), onde x é a variável climática futura; x_0 é a variável do arquivo climático atual; Δx_m é a anomalia mensal absoluta de acordo com o modelo de projeções utilizado; a_m é a variação mensal fracionada; $(x_0)_m$ é a média mensal relativa à variável x_0 e m é o mês.

$$x = x_0 + \Delta x_m \tag{1}$$

$$x = a_m x_0 \tag{2}$$

$$x = x_0 + \Delta x_m + a_m (x_0 - (x_0)_m) \tag{3}$$

A investigação em pesquisas que aplicam a criação de arquivos climáticos futuros possibilita a percepção do processo empregado por este método, evidenciado a complexidade em elaborar um cenário climático futuro. Apesar disso, a sua aplicação por meio de softwares de elaboração de cartas bioclimáticas permite investigar como as estratégias passivas para adequação das edificações ao clima serão influenciadas sob o efeito das mudanças climáticas provisionadas.

Com a finalidade de consolidar as operações algorítmicas, o grupo de pesquisa “Sustainable Energy Research Group” (SERG) da Universidade de Southampton no Reino Unido desenvolveu junto com a Microsoft® a ferramenta “ClimateChange World WeatherGenerator” (CCWorldWeatherGen) incorporada ao Software Excel, disponibilizada gratuitamente e cuja interface é apresentada na Figura 3. Esta ferramenta permite gerar os arquivos climáticos futuros a partir da metodologia apresentadas nas Equações 1 a 3.

Figura 3 - Interface da ferramenta CCWorldWeatherGen

Summary of combined HadCM3 A2 ensemble climate change predictions for the selected weather site

No scenario selected

| | | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JUL | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC | ANN |
|------------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Daily mean temperature | TEMP (°C) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Maximum temperature | TMAX (°C) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Minimum temperature | TMIN (°C) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Horizontal solar irradiation | DSWF W/m² | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Total cloud cover | TCLW % points | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Total precipitation rate | PREC % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Relative humidity | RHUM % points | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mean sea level pressure | MSLP hpa | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Wind speed* | WIND % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

* Please note that wind speed resides on a 96x72 grid whilst all the other data is on a 96x73 grid

EPW weather file selection

(1) Please specify the EPW file you want to transform

Select EPW File for Morphing

Current EPW baseline weather file for morphing:

No weather file selected Latitude: 0.00 N
 Longitude: 0.00 E
 Elevation: 0 m

HadCM3 scenario timeframe selection

(2) Please select a HadCM3 A2 scenario ensemble timeframe

2020's 2050's 2080's Load Scenario

Closest four HadCM3 96x73 grid points to

| | A | Latitude: | Longitude: |
|--------------------------|---|-----------|------------|
| No weather file selected | B | 0.00 N | 0.00 E |
| | C | 0.00 N | 0.00 E |
| No scenario selected | D | 0.00 N | 0.00 E |

Fonte: Jentsch, Bahaj e James (2008)

A ferramenta CCWorldWeatherGen consiste de uma planilha eletrônica que integra os arquivos de extensão EPW ao Modelo Climático Global (MCG) “*Hadley Centre Coupled Model version 3*” (HadCM3), que por sua vez, consiste de um modelo acoplado oceano-atmosfera, com resolução de 417km x 278km na região do Equador e de 295km x 278km aos 45° de Latitude, compondo-se do cenário de emissões do cenário A2 do Quarto Relatório (AR4) do IPCC, para os *time-slice* (*alongamento dos anos*) 2020 (período de 2011-2040), 2050 (período de 2041-2070) e 2080 (período de 2071-2100).

Desta forma, para a criação dos arquivos climáticos futuros 2050 (2041-2070) e 2080 (2071-2100), utiliza-se do arquivo climático atual de Sinop, Água Boa, Cuiabá e Apiacás, que contém dados climáticos de 2008, 2009, 1961-1990 e 2008, respectivamente, obtido a partir do Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA) (DOE, 2011). Destaca-se que o arquivo climático não pode conter influência da urbanização e do aquecimento global, para não mascarar os efeitos do aquecimento, assim o único que não contém é o de Cuiabá (1961-1990). Portanto justifica-se que as simulações ocorrerão somente para os cenários 2050 e 2080, descartando o de 2020 pela influência climática dos anos de 2008 e 2009.

2.3 *Elaboração das cartas bioclimáticas*

As cartas bioclimáticas são elaboradas sobre um diagrama psicrométrico relacionando as variáveis climáticas umidade relativa do ar (UR, em %) e temperatura do ar (TBS, em °C), para cada ZB de uma região, apresentando como resultados estratégias passivas de adequação ao clima. Essas estratégias, se corretamente utilizadas durante a concepção do projeto da edificação, podem proporcionar melhor adequação das condições de conforto térmico e redução no consumo de energia (LABEEE, 2016). Os dados de temperatura e umidade do ar sobre o diagrama psicrométrico permitem determinar as estratégias bioclimáticas indicadas para determinada localidade (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Segundo Miranda et al. (2010), devido à complexidade das variáveis envolvidas na abordagem bioclimática, várias ferramentas vêm sendo melhoradas, tais como gráficos de insolação, diagramas de sombras, dentre outras. Hodiernamente, as ferramentas são digitais, como no caso, o Software Analysis BIO (LABEEE, 2010), que tem como referência a Carta Bioclimática de Givoni (1992). A Carta Bioclimática de Givoni propõe estratégias construtivas passivas para adequação da construção ao clima, sendo possível analisar o conforto ou desconforto térmico em função da temperatura e umidade do ar e possibilita plotar os dados climático de um ano todo, dias e/ou horas específicas, estações do ano, médias diárias, máximas e/ou mínimas e médias mensais.

O software Analysis BIO possui doze estratégias separadas por zonas: ventilação, ventilação/alta inércia, ventilação/alta inércia/resfriamento evaporativo, alta inércia térmica para resfriamento, alta inércia/resfriamento evaporativo, alta inércia térmica/aquecimento solar, conforto, aquecimento artificial, aquecimento solar passivo, ar condicionado, resfriamento evaporativo e umidificação (LABEEE, 2010).

A plotagem dos dados ocorre por meio de um arquivo climático (EPW) publicados em SWERA, que disponibiliza arquivos no formato EPW para vinte cidades brasileiras. O arquivo necessita ser convertido para um arquivo de planilha eletrônica separado por vírgula, constituindo de variáveis climatológicas específicas, em um arquivo com extensão “.CSV”, após é passível de ser lido pelo Analysis BIO.

De acordo com Carlo, Pereira e Lamberts (2006), o arquivo no formato “.CSV” deve ter o cabeçalho padrão contendo as variáveis na seguinte ordem: Mês, Dia, Hora, TBS (°C), TBU (°C), Ponto de Orvalho (°C), Pressão Atmosférica (Pa), Umidade (Kg/Kg), Umidade

Relativa (%), Entalpia (BTU/Lb), Velocidade do Vento (m/s), Cobertura Total de Nuvens (Decimais), Radiação Horizontal Extraterrestre (Wh/m²), Radiação Global Horizontal (Wh/m²), Radiação Direta (Wh/m²), Radiação Direta Normal (Wh/m²) e Radiação Difusa Horizontal Wh/m²).

Como nem todas as variáveis convertidas estão compatíveis com o arquivo “.CSV”, é necessário a aplicação de seis etapas metodológicas, para a obtenção das variáveis umidade relativa (em %) e entalpia (em BTU/Lb).

A variável umidade relativa é obtida conforme Costa (1974):

$$P_{SBS} = 10^{[9.1466 - \frac{2316}{273+TBS}]} \quad (4)$$

$$P_{SBu} = 10^{[9.1466 - \frac{2316}{273+TBU}]} \quad (5)$$

$$Pv = P_{SBu} - \frac{P}{755} \left[\frac{Tbs - Tbu}{2} \right] \quad (6)$$

$$U = \left(\frac{Pv}{P_{SBS}} \right) 100 \quad (7)$$

A variável entalpia é obtida conforme Jesus e Silva (2002) (Equação 8). Porém, é necessário a variável umidade absoluta, que é obtida conforme ASHRAE (2009) (Equação 9).

$$h = 4,1868[0,24TBS + (597,3 + 0,441TBS)Uabs] \quad (8)$$

$$Uabs = \frac{0,621945Pv}{(P - Pv)} \quad (9)$$

em que P_{SBS} é a pressão de saturação de bulbo seco, P_{SBu} a pressão de saturação de bulbo úmido, TBS a temperatura de bulbo seco (°C), TBU a temperatura de bulbo úmido (°C), Pv a pressão de vapor (mm Hg), P a pressão atmosférica (mmHg), U a umidade relativa do ar (%), h a entalpia (Kj/Kg, transformada em BTU/Lb) e $Uabs$ a Umidade absoluta de água por Kg de ar seco (kg).

Todos os procedimentos previamente apresentados foram utilizados para elaboração do EPW atual, procede-se da mesma forma para as etapas metodológicas para os arquivos climáticos futuros até o cenário de 2080 (período de 2071-2100). Por fim, os arquivos foram inseridos no software Analysis BIO para obter as cartas bioclimáticas atual e futuras, considerando o ano todo (01/01 a 31/12) e 8.760 horas.

A análise dos resultados consiste no cômputo das porcentagens de horas de cada uma das seis estratégias de maior ocorrência, a saber: sombreamento, ventilação, massa térmica p/ resfriamento, massa térmica/aquecimento solar, ar condicionado e resfriamento evaporativo. Também foram totalizadas as horas anuais de conforto e desconforto por calor e frio.

3. RESULTADOS

3.1 Temperatura e umidade do ar nos cenários atual, 2050 e 2080

O aquecimento global influencia diretamente nas variáveis climáticas temperatura de bulbo seco (TBS) e umidade relativa do ar (UR) em quase todas as regiões do planeja. No estado de Mato Grosso, nota-se que os efeitos climatológicos futuros provocarão aumento das temperaturas médias mensais e diminuição das umidades médias mensais, para as quatro zonas bioclimáticas (Figuras 4 a 7).

Na ZB 5 (Sinop), a temperatura média anual aumentará 23,4% até o ano de 2100, comparando com o período atual (2008). A média anual atual é de 25,07°C, elevando-se para 28,3°C em 2050 (2041-2070) e 30,95°C em 2080 (2071-2100). Os meses caracterizados mais quentes são os de agosto, setembro e outubro, com médias mensais de 27,5°C, 26,9°C e 26,2°C, respectivamente, aumentando para 31,2°C(+13,3%), 30,87°C(+14,7%) e 30,0°C (+14,4%) em 2050 e para 33,75°C (+22,6%), 33,45°C (+24,2%) e 32,75°C (+24,8%) em 2080, respectivamente.

Os meses de maio e junho são caracterizados como meses de temperaturas amenas, com médias mensais de 24,06°C e 24,07°C no cenário atual. Porém, com os efeitos do aquecimento global, essas temperaturas irão sofrer aumento para 27,47°C (+27,6%) e 27,07°C (+25,15%), respectivamente, em 2080 (Figura 4a). A umidade relativa do ar diminuirá 23% até o ano de 2100 em relação ao período atual. Os meses de janeiro, fevereiro e março são caracterizados com maiores valores de umidade relativa do ar no cenário atual, com 86,9%, 86,6% e 85,8%, respectivamente. Nas projeções futuras, a umidade se reduzirá para 82,89% (-10,3%), 81,67% (-10,7%) e 79,82% (-11,8%) em 2050, e para 77,88% (-19,0%), 76,65% (-19,5%) e 73,8% (-21,46%) em 2080, respectivamente (Figura 4b). Ressalta-se que essa redução está relacionada diretamente com o aumento da temperatura média do ar.

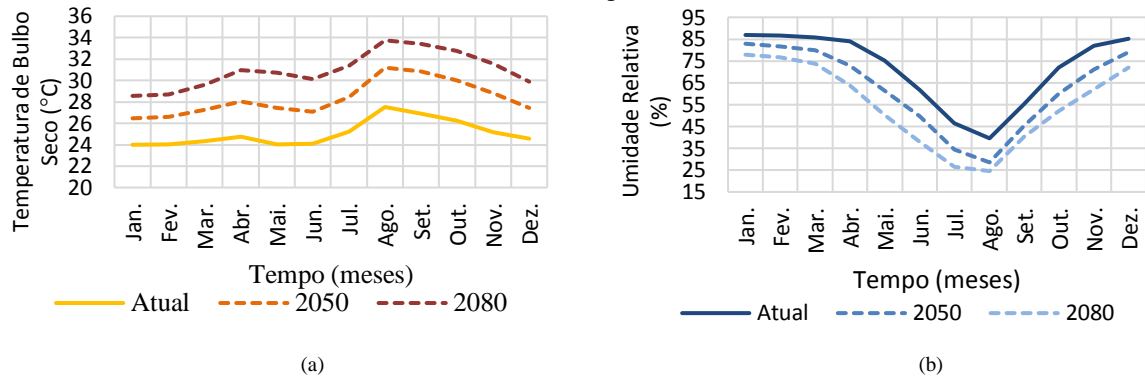
Em Água Boa (ZB 6), a temperatura média anual é de 24,9°C e se elevará em 5,1°C, passando para 30,1°C no ano de 2100. As projeções de aumento da temperatura em 2050 e 2080 são de 11,3% e 20,6%, respectivamente. Destaca-se setembro como o mês mais quente, apresentando temperatura média atual (2009) de 26,69°C e o mês de junho como o mês mais frio, com temperatura média de 23,02°C. As projeções para esses meses são de 30,20°C e 25,73°C em 2050 e de 32,50°C e 28,30°C em 2080, sofrendo aumento de 13,1% e 11,7% em 2050 e de 21,7% e 22,9% em 2080, respectivamente (Figura 5a). Diante dessa perspectiva, a umidade relativa do ar média diminuirá de 17% até o final do século, se comparada ao período atual. Assim, a umidade média atual que é de 73,9%, passará para 66,9% em 2050 e para 61,3% em 2080, reduzindo 9,36% e 17,03%, respectivamente. O mês dezembro apresenta maior umidade relativa do ar com 84,35%, passando nas projeções futuras para 81,3% em 2050 e 76,3% em 2080, alcançando quase que a média mensal atual do mês mais quente de 69,1% (Figura 5b).

Cuiabá (ZB 7) apresenta a maior temperatura média anual das quatro cidades. No período atual (1961-1990), a temperatura anual é de 26,27°C. As projeções futuras apontam elevação de 13,85% em 2050 (2041-2070) e de 23,65% em 2080 (2071-2100). Os meses caracterizados como os mais quentes são os meses de outubro e novembro, com médias mensais de 28,54°C e 28,35°C, elevando-se para 32,62°C e 30,91°C em 2050 e para 35,34°C e 33,54°C em 2080, respectivamente. O mês de junho, caracterizado como o mês mais frio do ano, com temperatura média de 22,84°C, aumentará de 36,99%, alcançando 31,29°C em 2100 (Figura 6a). Já a umidade relativa do ar sofrerá diminuição de 14,4% no cenário 2050 e de 24,01% no cenário 2080. No cenário atual, a média anual da umidade relativa é de 70,63%. Considerando as projeções futuras, a média anual reduzirá para 60,41% em 2050 e de 53,67% em 2080. O mês de março que apresenta maior umidade relativa do ano, 79,02%, com temperatura média mensal de 26,12°C, se reduzirá para 67,26% e 32,28°C em 2100, justificando essa redução da umidade relativa do ar (Figura 6-b).

A cidade de Apiácas (ZB 8), que apresenta temperatura média anual de 25,62°C, sofrerá elevação de 25,02%, para 32,07°C no ano de 2100, sendo o maior aumento média anual das cidades pesquisadas. No cenário de 2050, esse aumento será de 13,84%, alcançando temperatura média anual de 29,20°C. Ressalta-se que o mês de agosto, caracterizado como o mês mais quente do ano, com temperatura média mensal atual (2008) de 26,98°C, passará

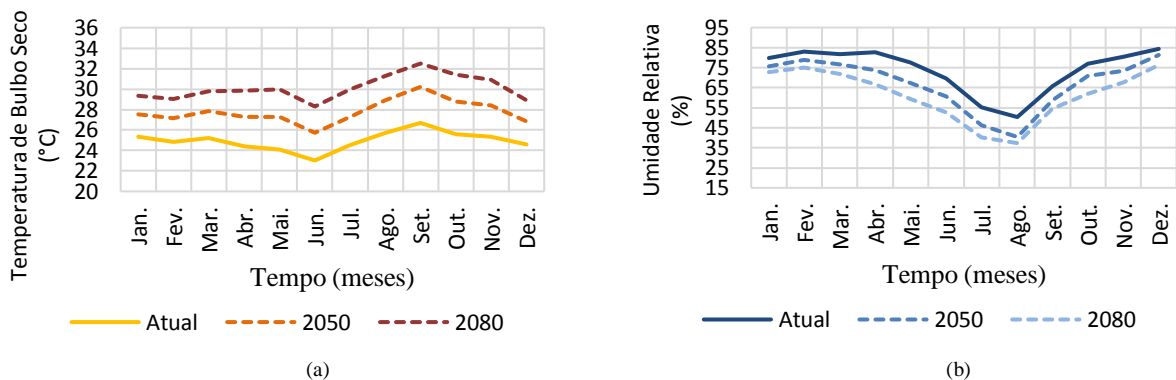
para 33,72°C em 2100, o que significa aumento de 25%. O mês de março é caracterizado como o mês mais frio, com temperatura média mensal atual de 24,81°C, passando para 30,35°C em 2100, um aumento de 5,54°C (Figura 7a). Com o aumento da temperatura do ar, a umidade relativa do ar sofrerá redução de 25,64% até o final do século, se comparada ao cenário atual. A umidade média anual é de 78,3%, reduzindo para 66,6% em 2050 e 58,23% em 2080. O mês de março apresenta maior umidade relativa do ar, com 87,41%. As projeções futuras trazem que a média mensal será de 81,3% em 2050 e 73,3% em 2080 (Figura 7b).

Figura 4 - a) Temperatura do ar e b) Umidade relativa do ar no cenário atual (2008) e nos cenários futuros de 2050 e 2080, na cidade de Sinop, zona bioclimática 05



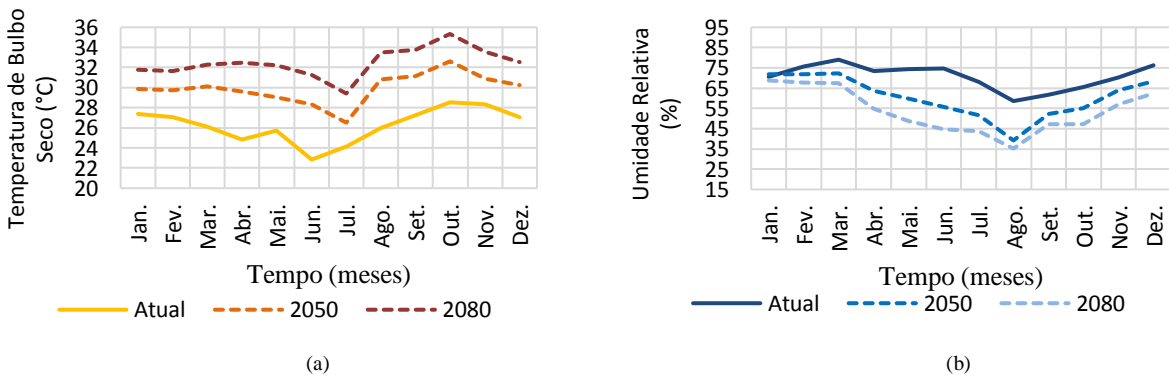
Fonte: Os Autores

Figura 5 - a) Temperatura do ar e b) Umidade relativa do ar no cenário atual (2008) e nos cenários futuros de 2050 e 2080, na cidade de Água Boa, zona bioclimática 06



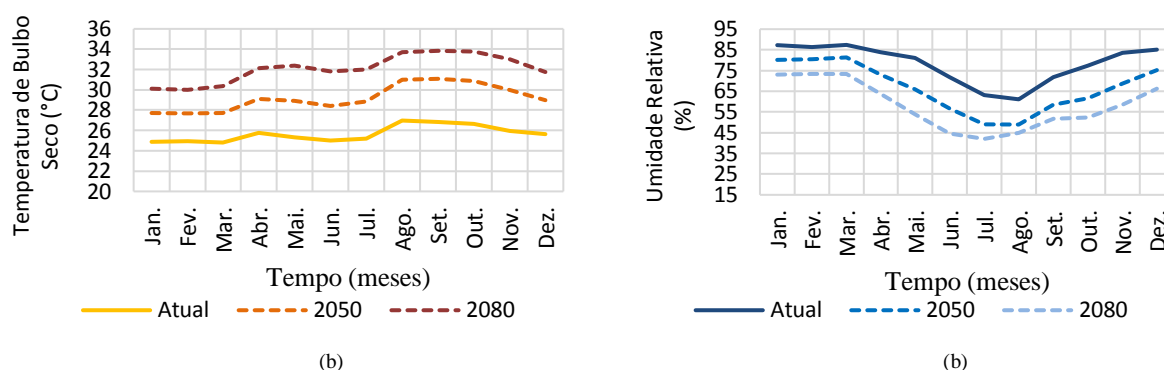
Fonte: Os Autores

Figura 6 - a) Temperatura do ar e b) Umidade relativa do ar no cenário atual (2008) e nos cenários futuros de 2050 e 2080, na cidade de Cuiabá, zona bioclimática 07



Fonte: Os Autores

Figura 7 - a) Temperatura do ar e b) Umidade relativa do ar no cenário atual (2008) e nos cenários futuros de 2050 e 2080, na cidade de Cuiabá, zona bioclimática 08



Fonte: Os Autores

Portanto, o aumento das temperaturas médias anuais nas zonas 5 (Sinop), 6 (Água Boa), 7 (Cuiabá) e 8 (Apiacás) foi estimado em 3,23°C, 2,82°C, 3,64°C e 3,55°C em 2050 e em 5,88°C, 5,16°C, 6,21°C e 6,42°C em 2080, respectivamente, alcançando valores superiores a 30,0°C. Já a umidade relativa do ar média anual sofrerá redução nas zonas 5, 6, 7 e 8 de 9,51%, 6,92%, 10,22% e 11,66% em 2050 e de 16,91%, 12,58%, 16,96% e 20,08% em 2080, respectivamente, atingindo valores inferiores a 60% (Quadro 2).

Quadro2 - Média anual de Temperatura de Bulbo Seco (em °C) e de Umidade Relativa do Ar (em %), do cenário atual e projeções.

| ZB | Temperatura de Bulbo Seco (°C) | | | Umidade Relativa do Ar (%) | | |
|--------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| | Atual | 2050 | 2080 | Atual | 2050 | 2080 |
| 5 (Sinop) | 25,07 | 28,30 (+12,9 %) | 30,95 (+23,4 %) | 73,91 | 62,21 (-13,2%) | 54,81 (-23,5%) |
| 6 (Água Boa) | 24,95 | 27,77 (+11,3 %) | 30,10 (+20,6 %) | 73,95 | 66,95 (-9,36 %) | 61,32 (-17,0 %) |
| 7 (Cuiabá) | 26,27 | 29,91 (+13,8 %) | 32,48 (+23,6 %) | 70,63 | 60,41 (-14,47%) | 53,67 (-24,0%) |
| 8 (Apiacás) | 25,65 | 29,20 (+13,8 %) | 32,07 (+25,0 %) | 78,30 | 66,64 (-14,9%) | 58,23 (-25,6%) |

Fonte: Os autores

Conclui-se, que a ZB 7 apresenta maior valor de temperatura média anual no cenário atual e, conseqüentemente, nos cenários futuros, caracterizando aumento de 13,8% em 2050 e 23,6% em 2080. A ZB 6 apresenta menor valor de temperatura média anual no cenário atual, caracterizado aumento de 2,82% em 2050 e 5,16% em 2080. Quanto à umidade relativa do ar média anual, as zonas bioclimáticas 8 e 7 são caracterizadas por apresentarem maior e menor valor no cenário atual, respectivamente. Na ZB 8, a redução é de 14,9% em 2050 e de 25,6% em 2080 e na ZB 7 de 14,4% em 2050 e 24,0% em 2080.

3.2 Cartas Bioclimáticas nos cenários atual (2008), 2050 e 2080

Para a zona bioclimática05, recomenda-se ventilação cruzada no verão e inércia térmica no inverno (ABNT, 2005). No cenário atual (2008), a porcentagem anual de horas de desconforto por calor é de 79,7% (6.981 horas) e de desconforto por frio é de 7,05% (617 horas). A simulação aponta que as horas de desconforto por calor passarão para 84,10% (7.367 horas) e que as horas de desconforto por frio reduzirão para 0% até o final do século. A porcentagem anual das horas de conforto é de 13% no cenário atual. Em 2050, serão de 20,30% e em 2080, de 15,40% (Figura 8). No cenário atual, são requeridas 5072 horas para ventilação, diminuindo de 26,4% (3.732 horas) em 2050 e de 64,94% (1.778 horas) em 2080. Ressalta-se o aumento de 269,6% das horas em que se faz necessário o uso de

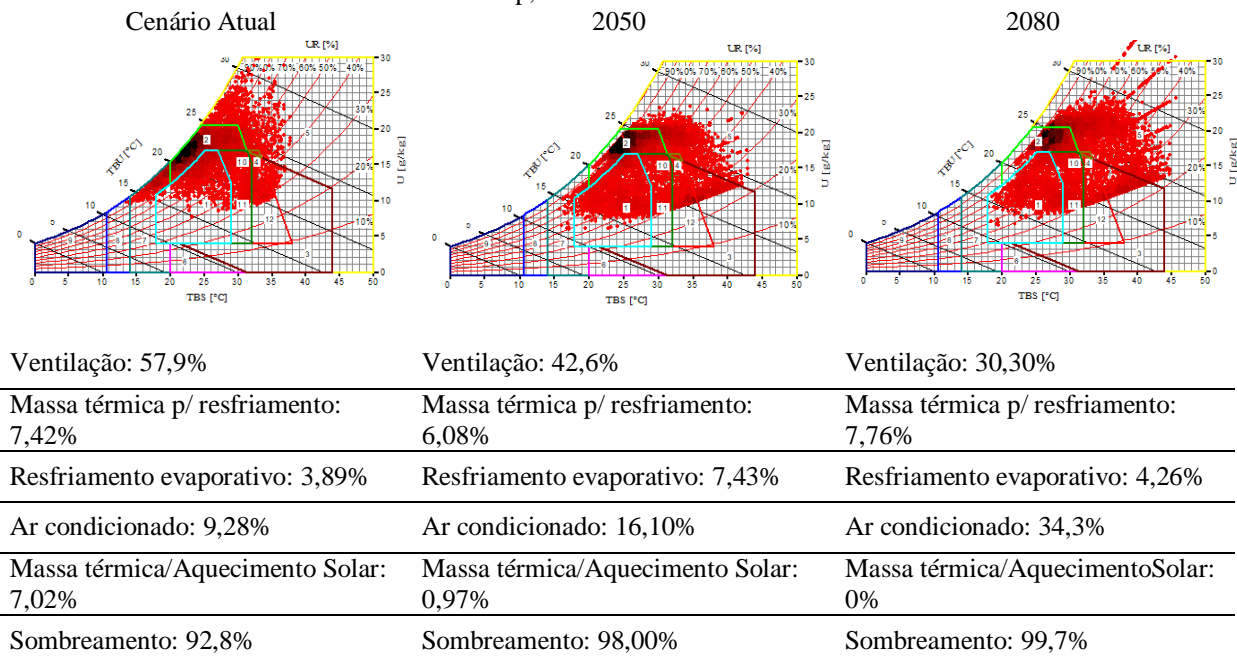
condicionamento térmico artificial até o ano de 2100. No cenário atual, as estratégias passivas totalizam 9,28% das horas (813 horas), passando para 34,3% das horas (3.005 horas) em 2100. A estratégia de sombreamento das aberturas deve ser usada em 8.129 horas anuais no cenário atual, aumentando para 8.585 horas em 2050 e para 8.734 horas em 2080, o que significa o seu uso em, praticamente, o ano todo.

A porcentagem das horas anuais de desconforto por calor no cenário atual (2009), na cidade de Água Boa, ZB 6, é de 74,5% (6.526 horas). É previsto aumento de 9,6% em 2050 e 13,5% em 2080, alcançando 81,7% (7.157 horas) em 2050 e 84,6% (7.411 horas), respectivamente. Para o frio, a porcentagem das horas em desconforto é de 4,77% (418 horas), passando para 0,69% (60 horas) em 2050 e chegando a 0% em 2080. O total de horas anuais de conforto é de 1.822 horas, passa para 1.498 horas em 2050 e 1.270 horas até o final do século (Figura 9). No cenário atual, as estratégias de resfriamento evaporativo, massa térmica para resfriamento e ventilação seletiva para o verão representam 371 horas, 1.806 horas e 4.914 horas, respectivamente. No cenário de 2080, as estratégias de resfriamento evaporativo, massa térmica para resfriamento e ventilação seletiva para o verão sofrerão redução de 24%, 53% e 39%, passando para 282, 507, 2.987 horas. Destaca-se a estratégia de condicionamento artificial, que sofrerá um aumento de 3.575% até o final do século. No cenário atual é de 82 horas (0,94%), passando para 1.454 horas (16,6%) em 2050 e 3.013 horas (34,4%) em 2080. No cenário atual, as horas requeridas da estratégia de sombreamento consistem de 8.208 horas, aumentando para 8.734 horas em 2100.

No cenário atual (1961-1990) da cidade de Cuiabá, ZB 07, a porcentagem anual de horas de desconforto por calor é de 70,6% (6.185 horas) e de horas de desconforto por frio é de 5,72% (501 horas), aumentando para 86,2% (7.551 horas) e reduzindo para 0,75% (66 horas), respectivamente, até o final do século. A porcentagem anual de horas de conforto é de 23,7% no cenário atual, sofrendo redução para 16,70% em 2050 e para 12,50% em 2080 (Figura 10). No cenário atual, a ventilação cruzada é requerida em 3.741 horas, diminuindo cerca de 30,91% em 2050 e de 69,79% em 2080, passando para 2.584 horas e para 1.130 horas, respectivamente. Ressalta-se o aumento de 467,65% das horas com necessidade do uso de condicionamento artificial até o ano de 2100. No cenário atual, essa estratégia é requerida em 9,46% das horas (829 horas), passando para 53,7% das horas (4.704 horas) em 2100. Também no cenário atual, a porcentagem anual de horas exigidas para o sombreamento das aberturas é de 92,20% (8.077 horas), aumentando para 98,30% (8.611 horas) em 2100, representando praticamente o ano todo.

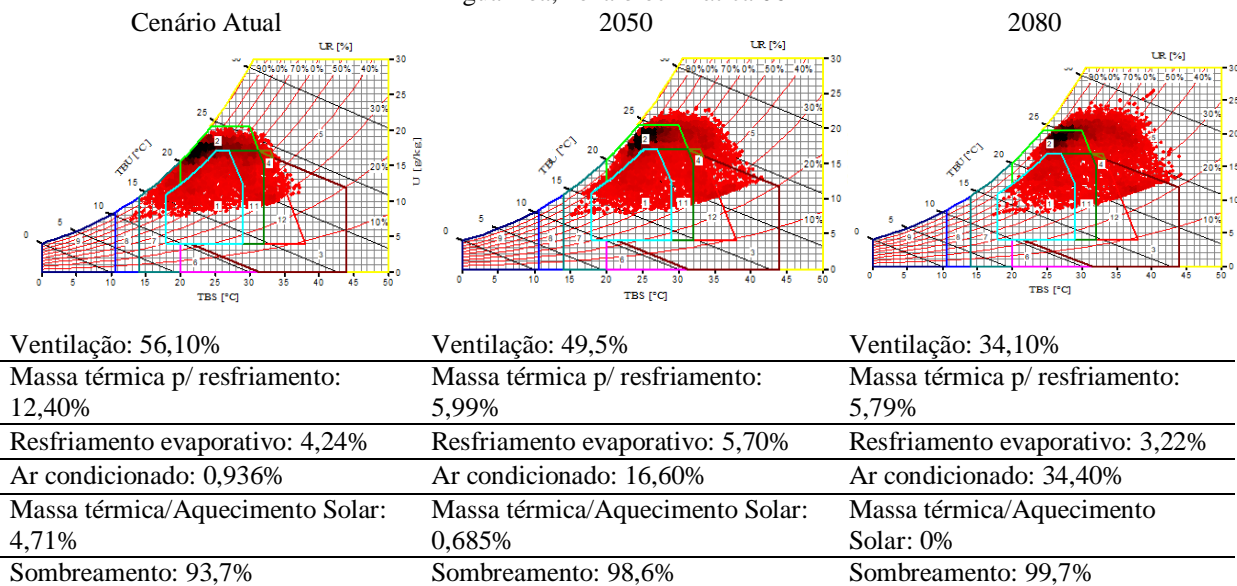
Para a ZB 8, cidade de Apiacás, a porcentagem anual das horas de desconforto por calor no cenário atual (2008) é de 86,9% (7.612 horas), reduzindo de 2,07% em 2050 e de 2,19% em 2080, passando para 85,10% (7.455 horas) e para 85,0% (7.446 horas), respectivamente. Para o frio, a porcentagem anual das horas de desconforto é de 5,23% (458 horas), passando para 0,20% (18 horas) em 2050, chegando a 0% em 2080. A porcentagem anual das horas de conforto no cenário atual é de 7,83% (686 horas), aumentando para 14,1% (1.235 horas) em 2050 (Figura 11). No cenário atual, a estratégia de ventilação cruzada apresenta 5.948 horas, diminuindo nos cenários de 2050 e 2080 para 4.003 horas e 2.190 horas, respectivamente. Destaca-se a estratégia de condicionamento artificial, que sofrerá um aumento de 640% até o final do século: no cenário atual é de 406 horas passando para 2.295 horas em 2050 e 3.031 horas em 2080. No cenário atual, as horas de sombreamento consistem em 8.296 horas, aumentando para 8.760 horas em 2100, sendo necessária à sua utilização no ano todo para melhorar o conforto térmico no interior das edificações.

Figura 8 - Cartas Bioclimáticas e estratégias de projeto nos cenários atual (2008), 2050 e 2080, na cidade de Sinop, zona bioclimática 05



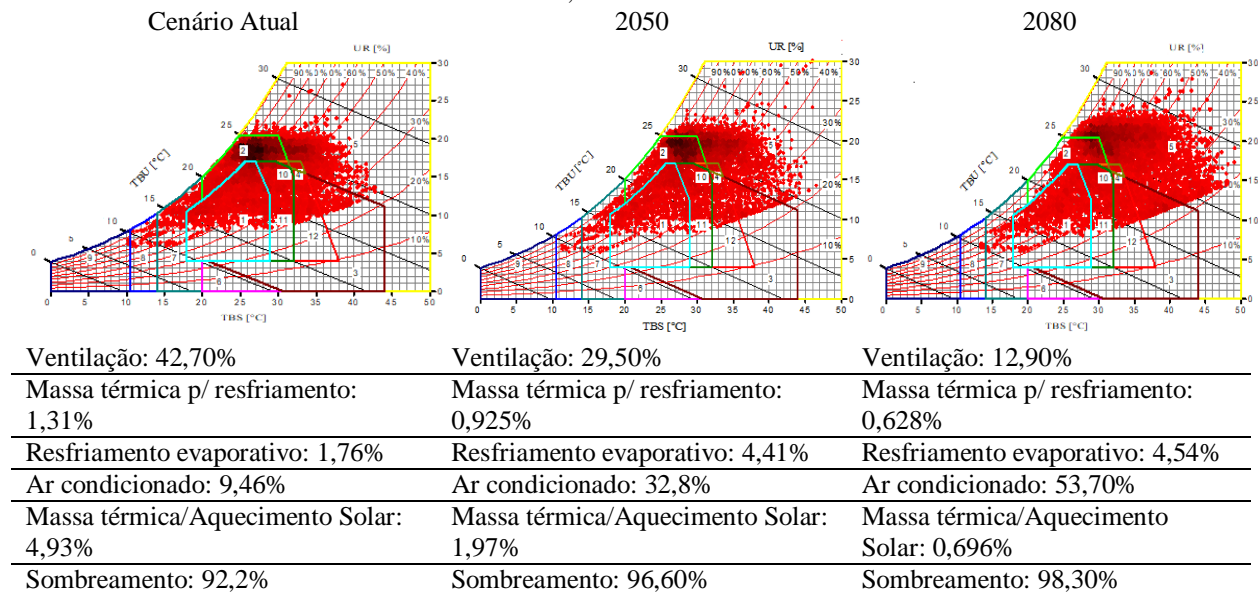
Fonte: Os Autores

Figura 9 - Cartas Bioclimáticas e estratégias de projeto nos cenários atual (2009), 2050 e 2080, na cidade de Água Boa, zona bioclimática 06



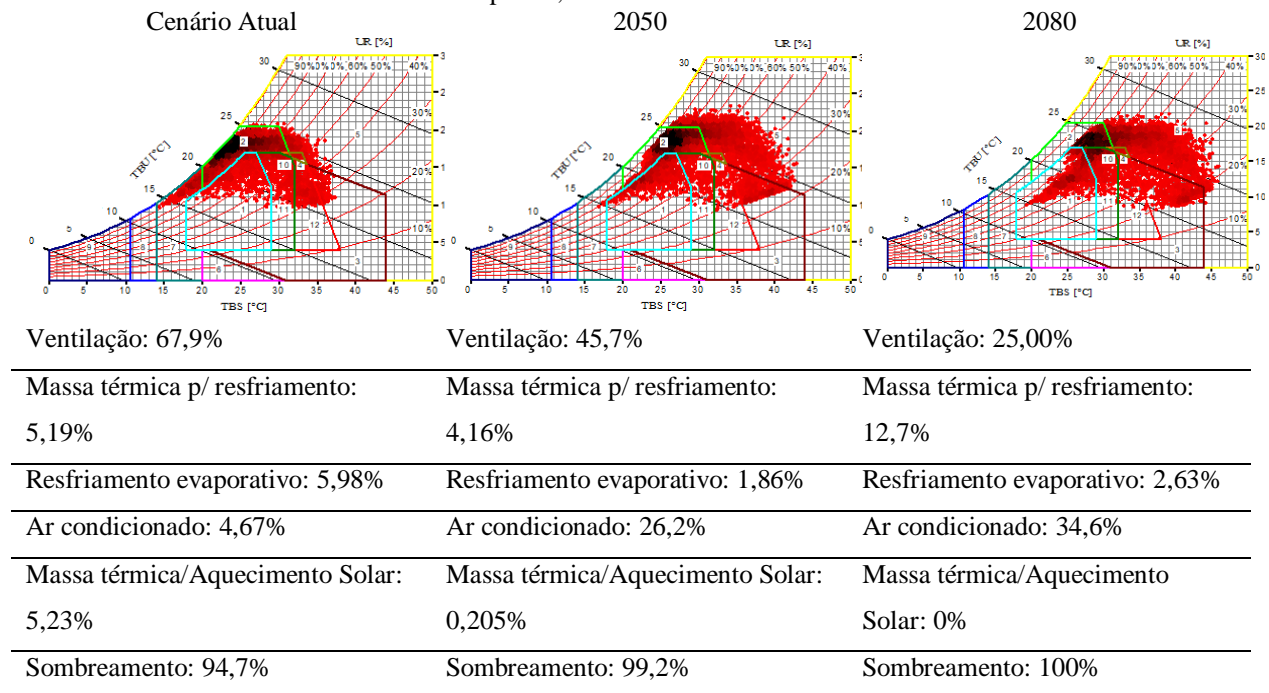
Fonte: Os Autores

Figura 10 - Cartas Bioclimáticas e estratégias de projeto nos cenários atual (1961-1990), 2050 e 2080, na cidade de Cuiabá, zona bioclimática 07



Fonte: Os Autores

Figura 11 - Cartas Bioclimáticas e estratégias de projeto nos cenários atual (2008), 2015 e 2080, na cidade de Apiacás, zona bioclimática 08



Fonte: Os Autores

4. CONCLUSÃO

O aquecimento global e as mudanças climáticas resultam em uma potencial ameaça para o comportamento térmico das habitações, afetando diretamente nas condições de conforto térmico dos usuários. Assim, os dados climáticos da região onde uma habitação será implantada são parâmetros importantes para avaliação deste comportamento, sendo também, necessária a prospecção futura, para planejamento das condições de conforto térmico e demanda energética futura, por meio das estratégias passivas de projeto.

As temperaturas médias anuais irão aumentar em todas as zonas bioclimáticas. A faixa de aumento nos cenários de 2050 (2041-2070) e 2080 (2071-2100) são de +3,0°C e +6,5°C, respectivamente, comparando com o cenário atual. Na ZB 8 esse aumento é em torno de +25,0% e nas ZB 5, 6 e 7 é de +23,0%, caracterizando maior aumento na latitude 9°S no clima do tipo Am (clima tropical úmido) e menor aumento nas latitudes 11°S, 13°S e 15°S no clima do tipo Aw (clima tropical), respectivamente, comparando com o cenário atual de cada ZB. A umidade relativa do ar sofrerá redução em todas as zonas bioclimáticas. Nas ZB 5, 7 e 8 essa redução é em torno de -24,0% e na ZB 6 é de -17,0%, caracterizando maior redução nos dois tipos climáticos Am (5 e 7) e Aw (8) e menor redução no clima do tipo Aw, respectivamente, comparando com o cenário atual de cada ZB.

As horas anuais da estratégia passiva de massa térmica p/ resfriamento, irá aumentar em +4,5% (680 horas) e +144% (1.130 horas) nas ZB 5 e 8, respectivamente, e reduzindo em torno de -50% (52 horas) nas ZB 6 e 7 até o ano de 2100 comparando com o cenário atual. As horas anuais da estratégia de resfriamento evaporativo irá aumentar em +9,5% (373 horas) e +157% (398 horas) nas ZB 5 e 7, respectivamente, nas ZB 6 e 8 irá reduzir até o final do século. Já as estratégias de massa térmica/aquecimento solar e ventilação irão sofrer redução e as estratégias de ar condicionado e sombreamentos sofrerão aumento em todas as zonas bioclimáticas até o ano de 2100 comparado com o cenário atual. Destacando a estratégia de ar condicionado que sofrerá aumento superior a 200% em todas as zonas bioclimáticas, até o ano de 2100 comparando com o período atual.

Por fim, as horas de conforto irão reduzir nas ZB 6 e 7 e irão aumentar nas ZB 5 e 8, justificando-se pelo aumento da temperatura de bulbo seco e redução da umidade relativa do ar. As horas de desconforto por frio reduzirá em todas as zonas bioclimáticas. As horas de desconforto por calor irão aumentar nas ZB 5, 6 e 7 e sofrerá redução na ZB 8, até o final do século comparando com o período atual.

Portanto, torna-se necessário elevar a resiliência das edificações para absorver os impactos das mudanças climáticas. Sugere-se para estudos futuros, a avaliação das estratégias passivas de projetos por meio de uso de simulação computacionais, visando avaliar o desempenho térmico e energético de habitações, mas também as condições de conforto térmico para os cenários das mudanças climáticas estabelecidas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT pela concessão de bolsa de Mestrado para a realização desta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.220-2:** Desempenho térmico de edificações - Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15.220-3:** Desempenho térmico de edificações - Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15.575-1: Edificações habitacionais - Desempenho - Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2013.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507

ASHRAE. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. **Fundamentals Handbook.** Atlanta: ASHRAE, 2009.

BELCHER, S; HACKER, J; POWELL, D. Constructing design weather data for future climates. **Building Services Engineering Research and Technology**, v.26, n.1, p.49-61, 2005.

CASAGRANDE, B. G. **Cenários climáticos futuros: Diagnostico prospectivo do desempenho termoenergético de edifícios comerciais no Brasil para o século XXI.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo/ES, 2013

COSTA, E. C. **Física Aplicada à Construção.** 3ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.

CARLO, J.; PEREIRA, F.; LAMBERTS, R. Iluminação Natural para Redução do Consumo de Energia de Edificações de Escritório aplicando Propostas de Eficiência Energética para o Código de Obras do Recife. In: CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2006, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2006.

DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). **EnergyPlus.** [online] Energyplus.net, 2016. Available at: <https://energyplus.net> [acesso: 16 Aug. 2017].

FELFILI, M. J; NOGUEIRA, E. P; JUNIOR SILVA, C. M; MARIMON, S. B; DELITI, C. B. W. Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Água Boa-MT. **Revista Acta bot. Bras.**, v.16, v.1, p.103-112, 2002.

GIVONI, B. Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines. **Energy and Building**, v. 18, n. 1, 1992.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Fourth Assessment Report (AR4).** IPCC 2007;1:976. doi:ISSN: 02767783

JENTSCH, M. F.; BAHAJ, A. S.; JAMES, P. A. B. Climate Change Future Proofing of Buildings: generation and assessment of building simulation weather files. **Energy and Buildings**, v. 40, n. 12, p.2148-2168, 2008.

JESUS, M F de; SILVA, G F. Programa para estimativa das propriedades psicrométricas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.1, p.63-70, 2002.

LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. **Programa Computacional AnalysisBio**, Versão: 2.1.5, 2010.

LABEEE. LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Desempenho Térmico de Edificações**. Apostila, 2016. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf. Acessado em: 22 Abr 2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª. ed., São Paulo: Eletrobrás, 2014. 382 p.

MAITELLI, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental**. O exemplo de Cuiabá – MT. Tese de Doutorado (Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas), Universidade de São Paulo, 1994.

MARENCO, A.J. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200006&lng=pt&nrm=iso>. Acessado em: 22 Abr 2018.

MIRANDA, S. A.; OMAR, L. G.; APOLONIO, R., CARVALHO, B. C. Processamento de arquivo climático para avaliações de conforto ambiental em Cuiabá – MT. In: ENTAC – 2010, XIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2010, Canela, Out. 2010. **Anais...** 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, S. A.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, A. J. C. M.; DURANTE, C. L.; NINCE, C. C. P. Análise da variação de temperatura e umidade em função das características de ocupação do solo em Cuiabá-MT. **Revista de Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal**, v.6, n.1, p. 240-251, 2009.

REPELLI, C. A. A variabilidade pluviométrica no setor Norte do Nordeste e os eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS). **Rev Bras Meteorol**, v.7, n.2, p.583–92, 1992.

ROCHA, S. R. D; ROCHA, V. J; GREGORIO, D. C. T. Análise da mudança de cobertura e uso da terra, com base em imagens Landsat e LISS III, e o produto EVI/MODIS para o município de Sinop-MT. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSB), João Pessoa-PB, 2015.

ROSS, J. L. S.; SANTOS, L. M. **Projeto RADAMBRASIL: Geomorfologia**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, Folha Cuiabá CD 21, v.26, p. 222, 1982.

SOARES, R. V; BATISTA, A. C; TETTO, A. F. **Metodologia e Climatologia Florestal**. Curitiba: Aut Paranaense, 2015.

VEIGA, B, J; SILVA, S. C. A; VEIGA, B. B; SELUCHINESK, R. D. R. Diagnostico socioeconômico dos moradores do assentamento Arumã, Apiacás, Mato Grosso. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 12, n.2, p.423-433, 2014.

WARD, M. N; FOLLAND, C. K. Prediction of seasonal rainfall in the north nordest of brazil using eigenvector of sea-surface temperature. **Int J Climatol**, v.11, p.711-43, 1991. doi:10.1002/joc.3370110703.